УДК 614.84 https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-4-19-24

Зависимость гибели и травмирования людей при пожарах от продолжительности пожаров

В. В. Харин, В. И. Сибирко, А. А. Кондашов, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский Ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России) (г. Балашиха, Российская Федерация)

Введение. Эффективность действий подразделений пожарной охраны зависит от их боевой готовности, то есть от состояния сил и средств гарнизона и возможности выполнения основной задачи в пределах имеющихся тактических возможностей.
Постановка задачи. При разработке математических моделей оперативной деятельности пожарной охраны, её эффективности и оценке готовности подразделений пожарной охраны к тушению пожаров важным является изучение зависимости гибели людей при пожарах от их продолжительности. Рассмотрению этой задачи посвящено настоящее исследование.
Теоретическая часть. Изучено распределение пожаров в Российской Федерации за 2016–2020 гг. по их продолжительности, а также зависимость от нее гибели и травматизма людей. Показано, что средняя продолжительность пожара за изученный период составила 26 мин, медианное значение распределения — 18 мин. Зависимость гибели и травматизма людей при пожарах от их продолжительности аппроксимируются логарифмической функцией. При продолжительности пожара до 26 мин отношение количества травмированных при пожарах людей к погибшим экспоненциально уменьшается, в остальном диапазоне времени остается стабильным.
Выводы. Сделан вывод о необходимости повышения готовности пожарной охраны к действиям по тушению пожаров и спасению людей, что включает в себя совершенствование тактических возможностей подразделений пожарной охраны, пожарной техники, оборудования, огнетушащих веществ, создание новых подразделений пожарной охраны с учетом выявленных закономерностей.

Ключевые слова: пожар, продолжительность, гибель, травмирование, эффективность.

Для цитирования: Зависимость гибели и травмирования людей при пожарах от продолжительности пожаров / В. В. Харин, В. И. Сибирко, А. А. Кондашов [и др.] // Безопасность техногенных и природных систем. — 2021. — № 4. — С. 19–24. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-4-19-24

Dependence of death and injury of people in fires on the duration of fires

V. V. Kharin, V. I. Sibirko, A. A. Kondashov, E. V. Bobrinev, E. Yu. Udavtsova
Federal State-Financed Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (FGBU VNIIPO EMERCOM of Russia) (Balashikha, Russian Federation)

Introduction. The effectiveness of the actions of the fire protection units depends on their readiness for action, that is, on the state of the forces and means of the station and the ability to perform the main task within the existing tactical capabilities.
Problem Statement. When developing mathematical models of the operational activities of the fire department, its effectiveness and the assessment of the readiness of fire protection units to extinguish fires, it is important to study the dependence of the death of people in fires on the duration of the fire. This study is devoted to this task.
Theoretical Part. The distribution of fires in the Russian Federation for 2016-2020 by their duration and the dependence of deaths and injuries of people in fires, as well as their ratio to the duration of fires in the Russian Federation for 2016-2020, is studied. It is shown that the average duration of the fire during the studied period was 26 minutes, the median value of the distribution was 18 minutes. The dependences of deaths and injuries of people in fires on the duration of fires are approximated by a logarithmic function. When the duration of the fire is up to 26 minutes. the ratio of the number of people injured in fires to those killed decreases exponentially, but remains stable in the rest of the time range.
Conclusions. It is concluded that it is necessary to increase the readiness of the fire department for actions to extinguish fires and rescue people, which includes the development of an information and analytical model of the operational activities of the fire department.

Keywords: fire, duration, death, injury, efficiency.

For citation: V. V. Kharin, V. I. Sibirko, A. A. Kondashov, E. V. Bobrinev, E. Yu. Udavtsova. Dependence of death and injury of people in fires on the duration of fires. Safety of Technogenic and Natural Systems. 2021; 4: 19−24. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-4-19-24

Введение. В соответствии с боевым уставом подразделений пожарной охраны, «тушение пожаров представляет собой действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров» [1]. Продолжительностью пожара считают время с момента его возникновения до полного прекращения горения [2]. В данной работе под продолжительностью пожара считается промежуток между временем обнаружения и ликвидации открытого горения. Во многихнаучных исследованиях изучены различные этапы развития и тушения пожаров, а также зависимость гибели людей при пожарах от действий подразделений пожарной охраны [3–8].

Эффективность действий подразделений пожарной охраны зависит от их боевой готовности, то есть от состояния сил и средств гарнизона и возможности выполнения основной задачи в пределах имеющихся тактических возможностей [1].

Постановка задачи. При разработке математических моделей оперативной деятельности пожарной охраны, её эффективности и оценки готовности подразделений пожарной охраны к тушению пожаров важным является изучение зависимости гибели людей при пожарах от их продолжительности. Именно этой задаче посвящено настоящее исследование.

Теоретическая часть. Сведения рассчитаны по электронным базам данных учета пожаров и их последствий [9]. На рис. 1 представлено распределение пожаров за 2016–2020 гг. по их продолжительности, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС.

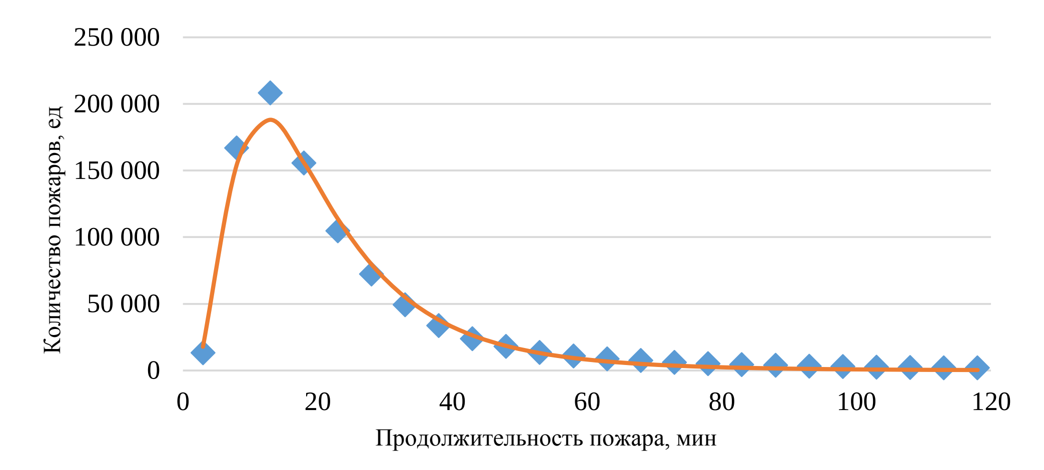


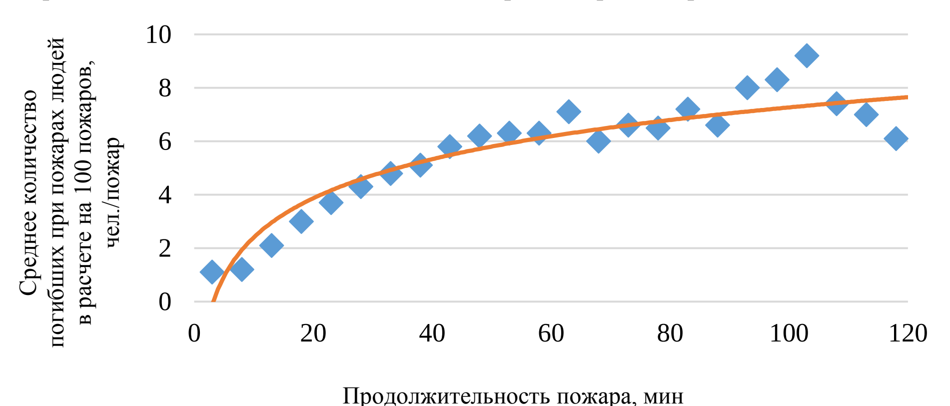
Рис. 1. Распределение пожаров в Российской Федерациииза 2016–2020 гг. по их продолжительности. Кривая — логнормальное распределение

Средняя продолжительность пожара за изученный период составила 26 минут. Однако, учитывая ярко выраженную асимметричность распределения (коэффициент асимметрии равен 2,5), для оценки математического ожидания целесообразно использовать медиану распределения, которая составляет 18 минут. Продолжительность 69 % пожаров не превышает 30 минут. Данное распределение хорошо описывается логнормальной функцией

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

где t — продолжительность пожара, мин; параметрыμ = 2,9 и σ = 0,64. Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}99$.

На рис. 2 представлена зависимость гибели людей при пожарах от продолжительности пожаров.



Продолжительность пожара, мин

Рис. 2. Зависимость гибели людей при пожарах от продолжительности пожаровв Российской Федерации за 2016–2020 гг.

Кривая — логарифмическая функция

Полученная зависимость хорошо аппроксимируется логарифмической функцией

$$h(t) = a \ln t + b (2)$$

с параметрами a = 2,113 и b = –2,461.Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}86$.

Однако следует с осторожностью относиться к представленным данным, так как неясно, когда наступила критическая продолжительность пожара и в какой момент пожара погибли люди [2, 4]. Таким же образом следует отнестись и к зависимости травмирования людей при пожарах от продолжительности пожаров, представленной на рис. 3.

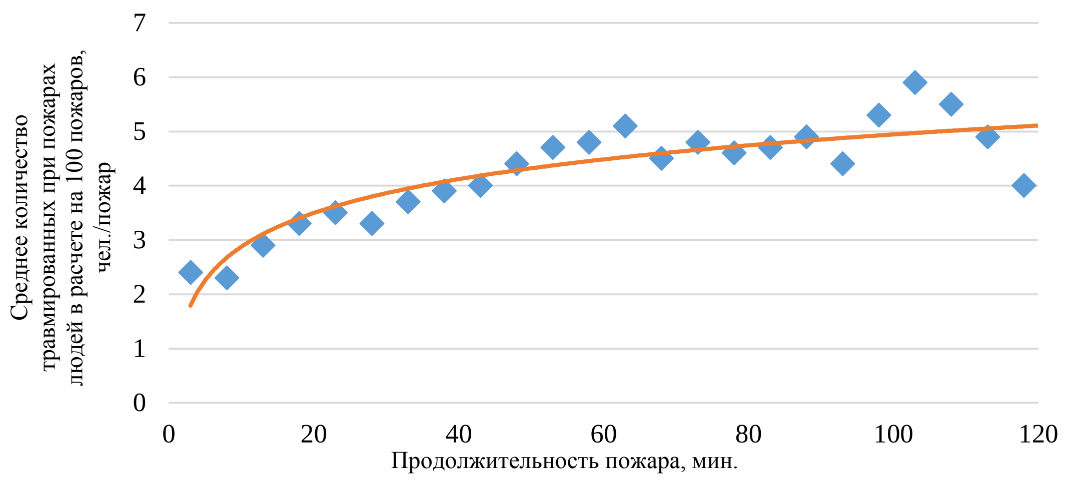


Рис.3. Зависимость травмирования людей при пожарах от продолжительности пожаровв Российской Федерации за 2016–2020 гг.

Кривая — логарифмическая функция

Полученная зависимость также хорошо аппроксимируется логарифмической функцией (2) с параметрами a = 0,899и b = 0,804. Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}81$.

В исследованиях последних лет отдельно выделяется показатель — «отношение количества травмированных при пожарах людей к погибшим» [10–13]. Этот показатель характеризует уровень развития мероприятий противопожарной защиты (средства пожарной сигнализации, первичные средства пожаротушения и др.), а также действия пожарной охраны по тушению пожаров и спасению людей, нейтрализующие опасные факторы пожара, снижающие количество погибших при пожарах людей. На рис. 4 приведена зависимость отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим от продолжительности пожаров. Данная зависимость описывается функцией:

$$g(t) = \begin{cases} A \exp(-bt), & t \leq 25 \text{ мин} \\ 0{,}71, & t > 25 \text{ мин} \end{cases} (3)$$

с параметрами A = 2,69, b = 0,048. Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}99$.

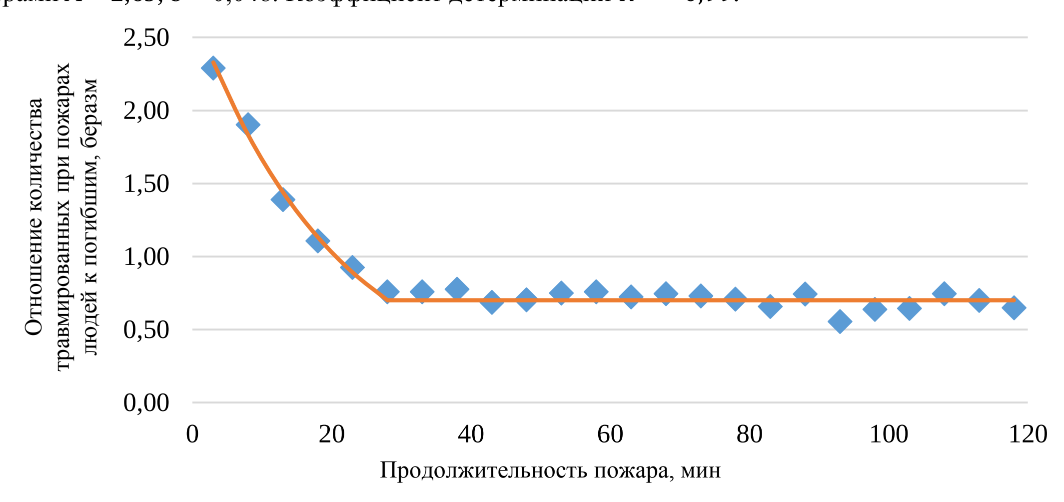


Рис. 4. Зависимость отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим от продолжительности пожаровв Российской Федерации за 2016–2020 гг. Кривая — зависимость, описываемая формулой (3)

Следует обратить внимание, что от действий пожарной охраны по спасению людей наблюдается значимый результат только в случае, если продолжительность пожара не превышает 25 мин, причем

эффективность действий описывается линейной функцией с отрицательным коэффициентом наклона, то есть, чем меньше продолжительность пожара, тем эффективнее действия пожарной охраны по спасению людей. При продолжительности пожара 26 мин и более действия по спасению людей выходят на постоянный уровень (коэффициент наклона аппроксимирующей функции близок к 0), среднее отношение количества травмированных при пожарах людей к погибшим при этом составляет 0,71.

Для примера на рис. 5 приведены значения отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим в ряде зарубежных стран за 2018 г. [14].

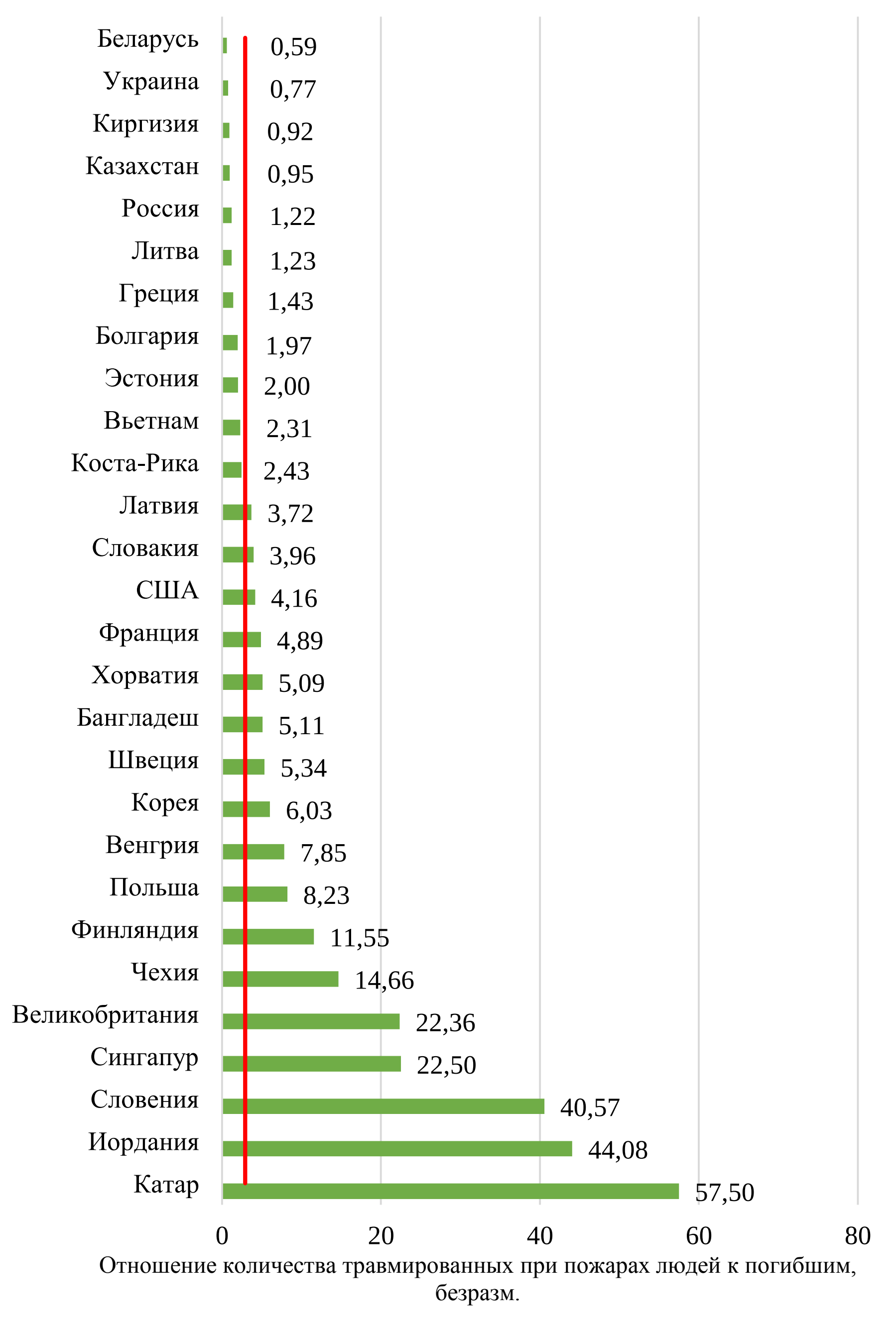


Рис. 5. Отношение количества травмированных при пожарах людей к погибшим в 2018 г. в некоторых странах мира

Как видно из рис. 5, Российская Федерация с показателем 1,22 травмированных при пожарах человека на 1 погибшего занимает в списке стран одно из последних мест. Хуже ситуация по этому показателю наблюдается только в Белоруссии, Украине, Киргизии и Казахстане. Красная вертикальная линия соответствует среднему значению рассматриваемого показателя по всем приведенным странам (2,93).

Полученные данные можно объяснить рядом факторов: климатические, социально-экономические условия, деятельность подразделений пожарной охраны, квалификация персонала и пр.

Выводы. Представленные данные свидетельствуют о большом резерве у подразделений пожарной охраны Российской Федерации в плане повышения готовности к действиям по тушению пожаров и спасению людей, что включает в себя совершенствование тактических возможностей подразделений пожарной охраны, пожарной техники, оборудования, огнетушащих веществ, создание новых подразделений пожарной охраны с учетом выявленных закономерностей.

Библиографический список

1. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» // base.garant.ru : [сайт]. — URL: http://base.garant.ru/71846130/#ixzz6rnhIXUbf (дата обращения : 12.04.2021).

2. Пожарная безопасность: учебник: в 2 ч. Ч. 1 / В. А. Пучков, В. С. Артамонов, Ш. Ш. Дагиров [и др.]. — Москва : Академия ГПС МЧС России, 2016. — 476 с.

3. Шебеко, Ю. Н. Расчетная оценка эквивалентной продолжительности пожара для строительных конструкций на основе моделирования пожара в помещении / Ю. Н. Шебеко, А. Ю. Шебеко, Д. М. Гордиенко // Пожарная безопасность. — 2015. — № 1. — С. 31–39.

4. Лапшин, С. С. Математическая модель критической продолжительности пожара в помещении, смежном с очагом пожара / С. С. Лапшин // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. — 2010. — № 4. — С. 83–86.

5. К определению критической продолжительности пожара по токсичным продуктам горения / М. Н. Горячева, С. В. Пузач, С. А. Горячев, В. М. Доан // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 1. — С. 47–50.

6. Артемьев, Н. С. Продолжительность локализации пожара / Н. С. Артемьев, М. В. Бондаренко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2011. — № 1. — С. 47–49.

7. Бобринев, Е. В. Использование регрессионного анализа показателей гибели людей при пожарах от времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар / Е. В. Бобринев, А. А. Кондашов, Е. Ю. Удавцова // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2019. — № 3. — С. 95–102.

8. Исследование зависимости риска гибели людей на пожарах от времени прибытия первого пожарного подразделения / А. А. Порошин, В. В. Харин, А. А. Кондашов [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. — 2019. — № 9. — С. 3–9.

9. Статистика пожаров за 2007–2020 год // sites.google.com : [сайт]. — URL: https://sites.google.com/site/pojstat/home/statistika (дата обращения : 14.04.2021).

10. Статистический анализ гибели и травмирования людей при пожарах в странах мира и России (2008–2012 гг.) / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов, В. И. Евдокимов, О. В. Иванова // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — 2015. — № 2. — С. 30–37.

11. Зимонин, А. А. Травмирование людей на пожарах / А. А. Зимонин, А. В. Фирсов, В. М. Бутенко // Технологии техносферной безопасности. — 2014. — № 5 (57). — С. 4.

12. Статистический подход оценки степени пожарной опасности по соотношению травмированных и погибших при пожарах людей / В. В. Харин, Е. В. Бобринев, А. А. Кондашов, Е. Ю. Удавцова // Вестник НЦ БЖД. — 2019. — № 4 (42). — С. 127–135.

13. Соотношение числа травмированных и погибших как показатель опасности последствий пожара / В. В. Харин, А. А. Порошин, Е. Ю. Удавцова [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности : сб. материалов XXXI Междунар. науч.-практ.конф. — Москва, 2019. — С. 568–571.

14. World Fire Statistics / www.ctif.org : [сайт]. — URL : https://www.ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF_Report25.pdf (дата обращения : 14.04.2021).

Поступила в редакцию 09.09.2021
Поступила после рецензирования 03.10.2021
Принята к публикации 03.10.2021

Об авторах:

Харин Владимир Владимирович, начальник отдела НИЦ ОУП ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, РФ, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12),
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7580-1337, otdel_1_3@mail.ru

Сибирко Виталий Иванович, начальник сектора отдела 1.6 НИЦ ОУП ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, РФ, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12),
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5319-6823, otdel_1_3@mail.ru

Кондашов Андрей Александрович, ведущий научный сотрудник отдела 1.3 НИЦ ОУП ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, РФ, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), кандидат физико-математических наук, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2730-1669, akond2008@mail.ru

Бобринев Евгений Васильевич, ведущий научный сотрудник отдела 1.3 НИЦ ОУП ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, РФ, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), кандидат биологических наук, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8169-6297, otdel_1_3@mail.ru

Удавцова Елена Юрьевна, старший научный сотрудник отдела 1.3 НИЦ ОУП ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, РФ, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), кандидат технических наук, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1343-0849, otdel_1_3@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

В. В. Харин — обзор публикаций по теме статьи, участие в сборе и обработке материала, участие в написании текста рукописи, редактирование и доработка текста. В. И. Сибирко — участие в сборе и обработке материала, участие в написании текста рукописи, оформление окончательного варианта статьи. Е. Ю. Удавцова — разработка дизайна исследования, подготовка литературы, участие в сборе и обработке материала, участие в написании текста рукописи. Е. В. Бобринев — формирование основной идеи и концепции исследования, научное руководство, анализ результатов исследования, участие в написании текста рукописи, корректировка выводов. А. А. Кондашов — разработка цели и задач исследования, проведение расчетов, анализ и интерпретация данных, формирование выводов, участие в написании текста рукописи.